

リブ付きポリエチレン管の内圧負荷時の応力に関する一考察

Consideration About Stress of Ribbed Polyethylene Pipes Subjected to Internal Pressure

○園田悠介* 森野直毅* 高原源太郎** 宮永久詩** 澤田 豊*

Yusuke Sonoda, Naoki Morino, Gentaro Takahara, Hisashi Miyanaga and Yutaka Sawada

1. はじめに

軟弱地盤等での採用が多いポリエチレン管は、軽量で地盤追従性に優れる一方、管周方向に大きく変形する¹⁾。そこで、管軸方向の柔軟性と軽量性を保持しつつ、管周方向の剛性を高める Fig. 1 のようなリブ付きポリエチレン管（以下、リブ管）の適用が検討されている。リブ管は、Fig. 2 に示すように管外側の「リブ部」と内側の「本体部」で構成されるが、リブ構造を有する管は、内圧が作用する農業用管路での実績は無い。本研究では、リブ管の耐内圧性の検証と応力状態の解明に向け、内圧負荷試験および三次元有限要素法解析（FEM）を行った。

2. 内圧負荷試験

2.1 試験概要 本試験では、内径 605 mm、管厚 15 mm、長さ 2250 mm のリブ管を熱融着で一体化（継手部）し、両端をフランジで密閉して使用した。管の諸元を Table 1 に示す。試験では、Fig. 3 に示すように、管内に水を圧送することで内圧を増加させ、約 0.7 MPa の時点で 3 分間圧力を保持した後、管が破壊するまで内圧を増加させた。試験中、複数断面で管のひずみ（管軸、管周方向）を計測した。なお、内圧負荷試験では、両端を密閉するため、管軸方向の引張力が作用する。

2.2 試験結果 管のひずみ等の詳細は本報では割愛するが、破壊時の内圧は 2.8 MPa で、材料の降伏応力から算出される水圧 1.9 MPa の 45% 上回り、十分な耐内圧性能を有することが確認された。破壊は、リブの始端かつ断面が急変する継手部の受け口根元 (Fig. 4 参照) で発生し、計測したひずみも同

じ断面で最も大きくなった。本研究では、この継手部周辺、特に受け口根元の応力について、リブや管軸方向の引張力の影響を検証するため、FEM 解析を実施した。



Fig. 1 リブ付きポリエチレン管
Ribbed polyethylene pipe

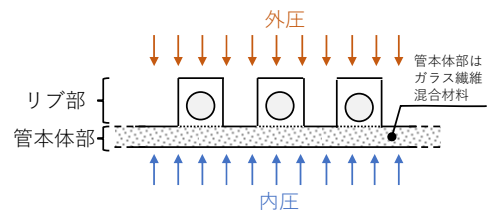


Fig. 2 リブ管の構成
Composition of ribbed pipe

Table 1 供試管の諸元
Properties of model pipe

密度	1100 kg/m ³	
引張強さ	管周方向	40 MPa
	管軸方向	24 MPa
弾性係数	管周方向	3800 MPa
	管軸方向	1800 MPa
	リブ部	980 MPa
ポアソン比	0.35	

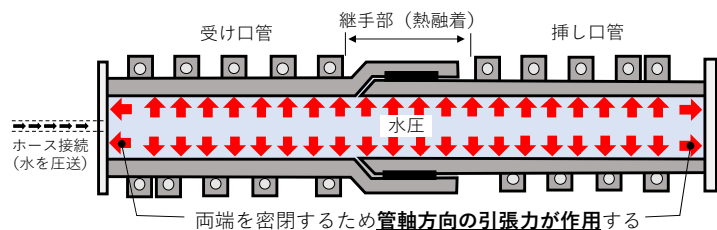


Fig. 3 内圧負荷試験の概要
Overview of internal pressure loading tests

*神戸大学大学院農学研究科 Graduate School of Agricultural Science, Kobe University **タキロンシーアイシビル株式会社 C.I. TAKIRON CIVIL Corporation キーワード：ポリエチレン管、応力、FEM

3. FEM 解析

3.1 解析概要 本解析は、Inventor Nastran の静弾性解析を使用した。解析では、内圧負荷試験を再現したケース (Case 1) に加え、内圧負荷試験において作用する管軸方向の引張力を除いて解析したケース (Case 2) を実施した。なお、弾性領域内での解析とするため、管に作用させる内圧は 0.5 MPa とし、解析結果はミーゼス応力で評価した。

3.2 解析結果 Fig. 5 は、内圧負荷試験の条件を再現した Case 1 の解析結果である。継手受け口管の根元の全周にわたって周辺より大きな応力が生じているが、特に、リブの始端にあたる管頂付近でその傾向は顕著であった (Fig 5 の(a))。この箇所は、内圧負荷試験における破壊部と概ね一致している。ただし、内圧 0.5MPa の段階で、解析上は管の引張強さ (管軸方向) に近い 20MPa 程度の応力が発生している。実際の内圧負荷試験では、内圧 2.8MPa まで破断しておらず、実験と FEM 解析の定量的な整合については今後の課題である。また、管底付近では、リブと継手の間にも大きな応力が生じたが、根元での応力集中の程度はやや緩和された (Fig. 5 の(b))。

Fig. 6 は、各ケースにおいて、管頂部の管軸方向の応力コンタ図である。なお、変形の様子は各ケース同率で誇張して表現している。Case 1 では、先述したように受け口根元に周辺より大きな応力が生じている。しかしながら、管軸方向の引張力を除いた Case 2 では、Case 1 と比較して顕著な応力集中は見られなかった。すなわち、継手付近で見られる応力の集中は、管軸方向の引張力の影響に強く影響されることがわかった。

4. おわりに

リブ構造を有するポリエチレン管の内圧負荷時の挙動を検討するため、内圧負荷試験と FEM 解析を実施した。内圧負荷試験では、十分な耐内圧性が検証されたが、最終的にリブの始端かつ断面が急変する継手受け口で管が破壊した。FEM 解析においても、同じ箇所でも周辺よりも大きな応力が生じ、この応力集中は、管軸方向の引張力の影響により顕著になることがわかった。今後、リブの影響や定量的な応力の評価についてさらなる検討を進める。

謝辞 本研究は、農林水産省農村振興局所管の官民連携新技術研究開発事業 (研究開発課題名：超軟弱地盤の農業用パイプラインにおける沈下抑制と環境配慮に関する研究開発) の一環で実施されたものです。

引用文献

- 1) Inoue, K. et al. (2021): New challenging application as used peat land, *Proceedings of the 20th International Plastic Pipes Conference and Exhibition*, Amsterdam (11pages.)

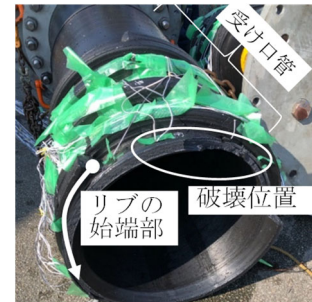


Fig.4 継手部近傍での破壊 Failure at the joint

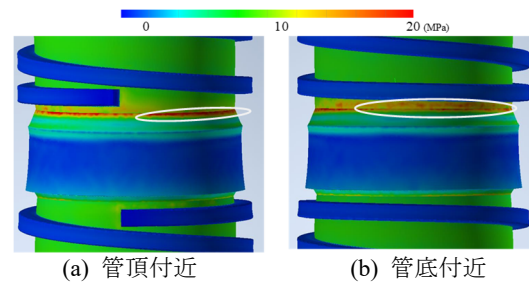


Fig.5 継手部近傍の応力分布 (Case 1) Stress distribution near the joint (Case 1)

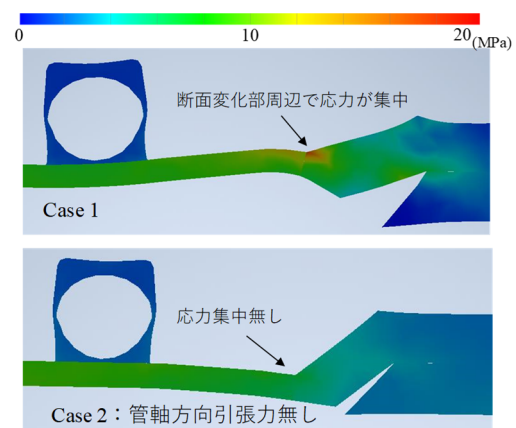


Fig. 6 受け口根元での応力集中 Stress concentration at the root of the socket